

PERKEMBANGAN PENELITIAN PEMBENTUKAN GALUR MANDUL JANTAN PADA PERAKITAN PADI HIBRIDA

Advances in Cytoplasmic Male Sterile Line Improvement in Hybrid Rice Development

Yuniati Pieter Munarso

*Instalasi Penelitian Padi Muara, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jalan Raya Ciapus No. 25, Bogor 16119, Telp. (0251) 8350713, Faks. (0251) 8322064
E-mail: yunipieter@yahoo.com*

Diajukan: 16 Februari 2012; Diterima: 19 Oktober 2012

ABSTRAK

Perakitan padi hibrida merupakan salah satu alternatif dalam penyediaan varietas unggul baru padi. Pembentukan hibrida pada padi melibatkan galur mandul jantan (GMJ atau galur A), galur pelestari atau galur B, dan galur pemulih kesuburan atau galur R. Pengembangan padi hibrida di Indonesia pada awalnya menggunakan GMJ yang diintroduksi dari China dan IRRI. Meskipun memperoleh beberapa GMJ dengan kemandulan tepung sari yang tinggi (*highly sterile*), GMJ tersebut masih memiliki kelemahan, antara lain tingkat persilangan alaminya sangat rendah, daya gabungannya kurang baik, serta potensi heterosisnya belum cukup tinggi (< 15%). Penelitian lebih lanjut memperoleh sejumlah GMJ dengan sifat kemandulan tepung sari yang lebih mantap dan stabil, serta memiliki beberapa kelebihan, antara tingkat persilangan yang lebih baik serta lebih tahan terhadap hama penyakit utama. Upaya perbaikan galur pelestari juga dilakukan untuk memperbaiki GMJ. Pemanfaatan teknik inkonvensional melalui kultur antera masih dalam tahap awal program pemuliaan padi.

Kata kunci: Padi, hibrida, galur mandul jantan, perakitan varietas

ABSTRACT

Hybrid rice has been considered to be as one of the main programs in achieving new superior varieties of rice. This technology composed of three major components, i.e. cytoplasmic male sterile (CMS), maintainer, and restorer lines. At the early stage of its development in Indonesia, hybrid rice program was supported by many introduced CMS lines mainly from China and IRRI. Some lines were identified to be superior lines with high pollen sterility. However, the lines had several weaknesses such as very low natural outcrossing rate, low combining ability, and limited heterosis potential (< 15%). Further development of breeding program obtained several CMS lines that were more stable pollen sterility, better natural outcrossing rate, and higher resistance to main pests and diseases. Efforts have to be made to improve quality of CMS lines that are important for continual production of new superior rice in the future. Meanwhile, unconventional approaches, through anther culture technology to produce new CMS lines are still in the early stage of breeding program.

Keywords: Rice, hybrids, cytoplasmic male sterile, varietal improvement

PENDAHULUAN

Teknologi padi hibrida merupakan salah satu alternatif dalam penyediaan varietas unggul baru padi. Pengembangan padi hibrida di China mampu meningkatkan produktivitas padi sekitar 20–30% dibanding padi inbrida terbaik (Guohui dan Longping 2003), tetapi tingkat heterosis padi hibrida di Indonesia belum stabil, yaitu rata-rata kurang dari 15%.

Perakitan padi hibrida memerlukan tiga komponen utama, yaitu galur mandul jantan (GMJ), galur pemulih kesuburan (*restorer*), dan galur pelestari (*maintainer*). GMJ berperan sebagai tetua betina, galur pemulih kesuburan sebagai tetua jantan hibrida, dan galur pelestari untuk memperbanyak benih GMJ dan melestarikan tingkat kemandulan GMJ. Dengan demikian, keragaan produksi padi hibrida sangat ditentukan oleh karakteristik genetik GMJ dan galur pemulih kesuburan (Rao dan Nuswantoro 2001).

Sebagai salah satu komponen utama dalam perakitan padi hibrida, karakteristik GMJ perlu diperhatikan mengingat potensi heterosis padi hibrida dapat muncul apabila padi hibrida dirakit dari GMJ dengan kemandulan yang tinggi dan stabil (Munarso *et al.* 2001a). GMJ juga harus memiliki kemampuan persilangan alami yang tinggi, kemampuan membentuk benih (*seed set*) tinggi, beradaptasi baik di lokasi pengembangan, tahan hama penyakit, serta sifat agronomi dan daya gabung yang baik (Virmani dan Edwards 1983). Apabila salah satu dari sifat-sifat tersebut tidak terpenuhi, maka potensi heterosis hibrida tidak akan optimal.

GMJ yang digunakan dalam perakitan padi hibrida ialah mandul sitoplasmik genetik (*cytoplasmic genetic male sterility*), yang sifat mandulnya didasarkan pada interaksi antara faktor di dalam sitoplasma dan gen pada inti sel. Untuk perbanyakannya, GMJ memerlukan bantuan tanaman lain (galur pelestari) yang memiliki gen yang dapat melestarikan GMJ, tanpa mengubah sifat-sifat yang dimiliki oleh GMJ itu sendiri. Galur pelestari atau disebut galur B adalah galur yang karakteristik genotipnya identik dengan GMJ hanya terdapat satu gen

berbeda, yaitu gen resesif yang mengakibatkan polennya subur, sehingga dapat memperbaiki galur GMJ dan membentuk benih GMJ yang lebih banyak (Gambar 1).

GMJ dapat dibuat melalui persilangan kerabat jauh dan berasal dari tanaman mandul jantan alami. Pada persilangan kerabat jauh, GMJ dapat diperoleh dari persilangan antarspesies (misalnya persilangan *O. sativa* x *O. glaberrima*), persilangan antarsubspesies (*Indica* x *Japonica*), dan persilangan antarvarietas yang sangat berbeda sumber asalnya. GMJ juga dapat diperoleh dari tanaman mandul jantan alami, yang umumnya merupakan hasil dari mutasi gen. Untuk mendapatkan kemandulan yang mantap, maka dilakukan silang balik berulang (*back cross*) terhadap persilangan. Cara ini sekaligus dapat menghasilkan galur pelestari sebagai pasangannya (Virmani 1985).

Beberapa GMJ telah dirakit dan digunakan dalam pengembangan padi hibrida di Indonesia. Penggunaan GMJ yang beragam telah mewarnai keragaman penampilan dan daya hasil padi hibrida. Makalah ini bertujuan memberikan informasi mengenai perkembangan perakitan GMJ dan pemanfaatannya dalam pembentukan varietas padi hibrida.

PERIODE AWAL PENGEMBANGAN PADI HIBRIDA

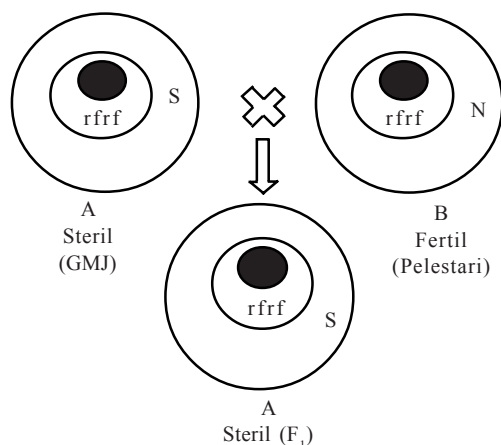
Pengembangan padi hibrida di Indonesia dimulai di Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukamandi (kini Balai Besar Penelitian Tanaman Padi) pada awal 1980-an. Pada periode tersebut, kegiatan penelitian padi hibrida menggunakan GMJ introduksi dari berbagai negara yang diperoleh melalui IRRI. Beragam GMJ yang diintroduksi secara bertahap tersebut antara lain berasal dari China (Zhen Shan 97A, V20A, V41A, Er Jiu Nan 1A, Yar Ai Zhao A, Gang Yi Ya Ai Zhao A), Korea (MS519A, MS577A), dan

Jepang (WU10A). Melalui serangkaian penelitian diketahui bahwa beberapa GMJ tersebut memiliki sifat kemandulan yang cukup mantap, tetapi sangat peka terhadap hama penyakit utama di daerah tropika (Suprihatno *et al.* 1986).

GMJ yang diperoleh dari IRRI memiliki sifat yang lebih adaptif terhadap lingkungan tropika (Tabel 1), merupakan hasil pemindahan karakter sterilitas *wild abortive* (WA) ke dalam galur-galur terbaik IRRI dengan konstitusi genetik yang baik. GMJ ini semula diharapkan lebih mudah dikembangkan di daerah tropika, tetapi GMJ tersebut memiliki kelemahan, yaitu tingkat persilangan alaminya rendah dan daya gabungannya kurang baik. Dari GMJ tersebut, hanya galur-galur IR46828A dan IR46830A yang mantap kemandulannya (Sutaryo *et al.* 1992).

Pembuatan GMJ di Indonesia dilakukan dengan memindahkan karakter sterilitas WA ke dalam varietas unggul nasional atau galur-galur yang telah teridentifikasi sebagai pelestari dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik, dengan teknik silang balik selama beberapa generasi (Tabel 2) sampai diperoleh galur dengan kemandulan yang mantap (*highly serile*) dan stabil (IRRI-CAAS 1981). Proses ini menghasilkan beberapa GMJ baru, yaitu Tondano A, M8601A, IR29744-94-3-2-2-3A, IR19809-12-3-2-1A, IR19774-8-3-1-1A, dan PAU269-1-8-4-1-1-1A (Munarso *et al.* 1990; Suprihatno dan Sutaryo 1993).

Sebagian GMJ Indonesia dibuat dengan menggunakan sumber GMJ dari China, yaitu V20A dan ZS97A, yang ternyata bersifat sangat peka terhadap hama penyakit utama di daerah tropika. Sebagian GMJ baru yang dibuat menggunakan sumber GMJ dari IRRI, mempunyai sifat ketahanan hama penyakit yang lebih baik daripada GMJ asal China. Meskipun demikian, GMJ tersebut masih memiliki beberapa kelemahan, antara lain tingkat persilangan alaminya sangat rendah, daya gabungannya kurang baik, serta potensi heterosis yang diturunkannya belum memenuhi harapan, yaitu < 15%.



Gambar 1. Pembuatan galur A (F₁) dan konstitusi genetik galur mandul jantan (GMJ atau A) dan galur pelestari (B).

Tabel 1. Galur mandul jantan sitoplasmik genetik pada padi asal IRRI yang diintroduksi ke Indonesia.

Galur	Sumber sitoplasma ¹
P203A	TN1
IR46826A	WA
IR46827A	WA
IR46828A	WA
IR46829A	WA
IR46830A	WA
IR46831A	WA
IR48483A	WA
IR54752A	WA
IR54753A	WA
IR54754A	WA

¹TN1 = Taichung Native 1; WA = *wild abortive*.
Sumber: Suprihatno *et al.* (1986).

Evaluasi terhadap GMJ asal China juga dilakukan di Bangladesh dan menunjukkan hasil yang sama. GMJ V20A dan ZS97A tidak mampu beradaptasi dengan lingkungan Bangladesh dan sangat peka terhadap hama dan penyakit setempat (Julfiquar *et al.* 2003)

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka GMJ yang dibuat dalam Tabel 2 tidak diteruskan. Selanjutnya GMJ baru dikembangkan dengan menggunakan materi GMJ yang berlatar belakang genetik varietas padi Indonesia.

PENGEMBANGAN GMJ BERBASIS GENETIK PADI INDONESIA

Sejumlah GMJ introduksi dan berbagai bahan pemuliaan secara berkala diperoleh melalui program kerja sama internasional. Sebelum digunakan untuk persilangan dan perakitan padi hibrida, GMJ introduksi ini terlebih dahulu dievaluasi tingkat stabilitas kemandulan tepung sarinya dalam beberapa musim tanam untuk mengidentifikasi GMJ yang memiliki tingkat kemandulan yang tinggi dan stabil (Munarso *et al.* 2001a). Hasil identifikasi menunjukkan beberapa GMJ memiliki tingkat kemandulan tepung sari yang stabil, antara lain galur IR58025A, IR62829A, IR68895A, IR68896A, dan IR68902A (Daradjat *et al.* 2001). GMJ tersebut banyak digunakan dalam perakitan padi hibrida.

Sejumlah GMJ yang telah dievaluasi, diuji silang dengan galur/varietas padi lain yang memiliki latar belakang genetik adaptif di Indonesia, mempunyai sifat yang sesuai untuk tanaman padi tipe baru (Suwarno *et al.* 1999). Hasil uji silang tersebut diseleksi berdasarkan sifat-sifat yang diinginkan, yaitu sifat baik yang terdapat pada

galur tua dan sifat lain seperti eksersi malai, eksersi stigma, dan kemandapan sterilitas. Sejumlah turunan F_1 teridentifikasi bersifat steril, yang menunjukkan bahwa F_1 tersebut dapat digolongkan sebagai GMJ dan galur tua jantannya berpotensi sebagai galur pelestari yang baik (Tabel 3).

Galur-galur pelestari ini kemudian dikonversi menjadi GMJ melalui silang balik dengan galur terseleksi sebagai tua berulang (*recurrent parent*) (Tabel 4). Setelah melalui silang balik beberapa generasi, diperoleh GMJ baru dan galur pelestari pasangannya dengan beberapa karakter baru yang dimiliki (Tabel 5).

Pengamatan terhadap sifat GMJ baru menunjukkan bahwa sifat ideal GMJ belum sepenuhnya dicapai. Masih terdapat kelemahan GMJ baru untuk karakter yang diperlukan, seperti persentase eksersi stigma dan kemandapan sterilitas.

PENGEMBANGAN GMJ KE DEPAN

Perbaikan GMJ ditujukan pada perbaikan sifat-sifat penting seperti disebutkan pada bagian sebelumnya. Perakitan GMJ yang tahan terhadap penyakit tungro, hawar daun bakteri (HDB), dan hama wereng batang coklat juga menjadi program prioritas (Suwarno *et al.* 2003). Untuk mewujudkan tujuan tersebut, beberapa kegiatan telah dilakukan, antara lain persilangan antara galur pelestari dengan galur pelestari untuk menggabungkan sifat-sifat yang diinginkan dan menyeleksi keturunannya mengikuti metode pemuliaan padi inbrida. Beberapa GMJ yang sudah diperbaiki dan sifat penting yang dimiliki, terutama ketahanan terhadap hama penyakit utama disajikan pada Tabel 6.

Tabel 2. Galur mandul jantan (GMJ) padi yang dibuat di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi sejak tahun 1988/89.

Galur	Sumber GMJ	Generasi	Umur berbunga (hari)
S782b-21b-Pn-20-3	V20A	BC1	66
AC1144-2	V20A	BC1	63
IR31916-23-1-1-2	ZS97A	BC3	80
IR11248-242-3-2	II32A	BC3	66
IR32895-37-3-2	II32A	BC3	66
CO 13	V20A	BC4	70
Tondano A ¹	V20A	BC3	73
PAU269-1-8-4-1-1-1 ¹	IR46828A	BC6	79
IR19774-8-3-1-1 ¹	IR46830A	BC6	71
IR19809-12-3-2-1 ¹	IR46828A	BC6	63
IR19774-23-2-2-1-3	IR46828A	BC6	63
S397b-40-2	IR46829A	BC5	64
IR19746-27-3-3-1-3	IR46830A	–	–
IR29744-94-3-2-2-3 ¹	IR46829A	BC10	66

¹GMJ pertama yang dikembangkan di Indonesia.

TM = tidak tersilangkan dan mati, – = belum dilakukan silang balik.

Sumber: Munarso *et al.* (1990).

Tabel 3. Galur-galur padi yang teridentifikasi sebagai galur pelestari, Sukamandi, 1999–2001.

Musim		Galur pelestari	
MH 1999/2000	S5097-3d	BP650b-Tjs-6-6	S3393-2F-17-1-1
	BP652e-8-2B	T12357	B89676-Mr-8
	T16435-1	T11602	B10385-Mr-6-3
	BP648b-Tjs-4-4		
MK 2000	Memberamo	Cirata	Taichung Sen 50
	Barumun	B1080B	IR36
	Gajah Mungkur	B9071F	PR36
	Citanduy	B4180	IRBB21
	Way Apo Buru	S3385-5E	IR66
	Cibodas	PTB8	Ratu Heenati
MH 2000/2001	Poso	BP585-Mr-11-2-Si-2-51-C	IRBB5
	Kalimutu	BP585e-15-6-4-C	A2790
	Situgintung	S4731-3f-Pn-4	B10384C-Si-39-0
	Tondano	S3842-5G-2-2	B10387-Mr-5-2-3
	Way Rarem	S4919-5G-3-C	B10393-Mr-12-4-2
	Ciliwung	S3428-2Pn-5-1	B10393-Mr-5-2-3
	Cimandiri	S3613F-Pn-1-2-C	B10384-Mr-1-8-3
	BP606C-18-8-1-C	S3845-8G-5-2-3-1-1	B2850b-Si-2-2
	BP68C-Mr-19-1-3-4	IR71605-2-1-5-Tjs-5	B4180
	BP142C-Mr-Si-3-0	IRBB3	Barumun
	BP1153C-8-8-Si-6-0	BP7C-Mr-11-2-Si-2-51-C	

Sumber: Munarso *et al.* (2000); Munarso *et al.* (2001b).

Pemanfaatan bioteknologi telah dilakukan untuk menyiapkan galur-galur GMJ. Pada tahun 2003, kultur antera mulai digunakan dalam pengembangan GMJ (Suwarno 2003; Suwarno *et al.* 2003). Kultur antera merupakan teknik cepat yang efektif untuk mengembangkan galur homozigot (galur murni) sehingga dapat memperpendek siklus pemuliaan varietas unggul baru (Brar *et al.* 1994). Melalui teknik ini, galur homozigot dapat diperoleh dalam satu generasi, sedangkan melalui pemuliaan konvensional diperlukan waktu 6–7 generasi.

Penelitian pemanfaatan teknik kultur antera dalam percepatan regenerasi beberapa persilangan padi hibrida menghasilkan daya regenerasi yang beragam dan frekuensi pembentukan kalus yang tidak selalu berkorelasi positif dengan daya regenerasinya (Munarso *et al.* 2008). Perakitan galur mandul jantan sitoplasmik yang bersifat mandul penuh dan memiliki sifat agronomi yang baik juga telah dilakukan dengan memanfaatkan galur pelestari haploid ganda asal kultur antera (Rumanti *et al.* 2009).

Hasil pengujian tahap awal di Muara pada MH 2008 terhadap berbagai kombinasi hibrida menggunakan GMJ tersebut menunjukkan heterosis positif dengan kisaran 12–63% terhadap varietas pembanding Ciherang, IR64, Maro maupun Rokan. Salah satu di antaranya yaitu GMJ5/BH21D memberikan heterosis tertinggi sebesar 63%. Demikian halnya pada pengujian di Kuningan pada MK 2009, hibrida yang berasal dari keturunan GMJ4 dan GMJ 5 memiliki hasil lebih tinggi daripada varietas pembanding

hibrida maupun inbrida (Satoto *et al.* 2010; Nugraha *et al.* 2011).

KONTRIBUSI TEKNOLOGI PADI HIBRIDA MENUNJANG PRODUKSI PADI NASIONAL

Pengembangan GMJ merupakan bagian penting dari perakitan varietas padi hibrida. Berbagai varietas padi hibrida kini telah diperoleh dengan memanfaatkan GMJ yang dihasilkan di dalam negeri. Varietas inilah yang kini dianjurkan dalam sistem produksi padi nasional dalam upaya meningkatkan penyediaan beras dalam negeri.

Dalam program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN), teknologi padi hibrida bersama padi inbrida digunakan untuk mengejar tambahan produksi padi. Pemerintah melalui program ini menetapkan target produksi padi 70,60 juta ton GKG. Sampai dengan tahun 2014, produksi padi ditargetkan meningkat 5,22%/tahun. Pencapaian target dapat dilakukan dengan 1) perluasan area seperti pencetakan sawah baru, optimalisasi lahan, dan peningkatan indeks pertanaman (IP), 2) peningkatan produktivitas melalui penggunaan varietas unggul, pemupukan, pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (POPT), dan teknologi pascapanen, dan 3) peningkatan adopsi teknologi dan sosial kelembagaan melalui demplot, demarea, dan sekolah lapang pengelolaan tanaman terpadu (SL-PTT).

Tabel 4. Sebagian galur mandul jantan (GMJ) padi hasil konversi pada program silang balik, Sukamandi, 2001.

Galur	Sumber GMJ
BP585c-15-6-4-c	IR68886A
B10384c-Si-39-0	IR58025A, IR68897A
B10387-Mr-5-2-3	IR58025A, IR62829A, IR68897A, IR68886A
B10393-Mr-12-4-2	IR58025A
S4731-3f-Pn-4	IR58025A
S3842-5g-2-2	IR58025A
BP606c-18-8-1-c	IR58025A, IR68886A
BP68c-Mr-19-1-3-4	IR62829A
BP142c-Mr-Si-3-0	IR62829A
Kalimutu	IR62829A
BP1153c-8-Si-60	IR62829A
IR71605-2-1-5-Tjs-5	IR68886A
Situ Gintung	IR68886A
Tondano	IR68897A, IR68886A
B10384-Mr-1-8-3	IR68897A
A2790	IR66707A
BP1153C-8-Si-60	IR68897A
Barumun	IR66707A
Ciliwung	IR66707A
B2850b-Si-2-2	IR66707A
Cimandiri	IR66707A
B41680	IR66707A
IRBB3	IR69622A
IRBB5	IR69622A
Memberamo	IR62829A, IR58025A
Gajah Mungkur	IR62829A, IR58025A
B1080B	IR62829A, IR58025A
S3385-5e	IR46829A, IR58025A
B9071F	IR62829A, IR58025A, IR68897A
Cirata	IR58025A
Citanduy	IR58025A
S5097-3d	IR58025A
T12357	IR58025A
S3393-2F-17-1-1	IR58025A
B10385-Mr-6-3	IR58025A
Danau Tempe	IR58025A, IR62829A, IR68897A, IR68886A

Sumber: Munarso *et al.* (2001c); Munarso *et al.* (2002).

Salah satu pencapaian target melalui paket teknologi PTT diagendakan untuk lahan sawah seluas 2 juta ha atau dengan luas tanam 4 juta ha. Penanaman varietas unggul hibrida (VUH) ditargetkan seluas 160.000 ha atau setara dengan 8% dari area produksi padi. Meskipun luas tanam padi hibrida belum terlalu besar, jika sifat heterosis padi hibrida cukup tinggi, maka tidak menutup kemungkinan produksi padi akan meningkat cukup nyata.

KESIMPULAN

Penyediaan GMJ yang baik dilakukan sejak awal pengembangan padi hibrida di Indonesia. Namun, GMJ yang mantap dan stabil tidak dapat langsung diperoleh, melainkan melalui serangkaian persilangan menggunakan GMJ introduksi atau yang berlatar belakang genetik varietas asal Indonesia dengan varietas donor, persilangan dua galur pelestari dengan latar belakang genetik yang berbeda, dan melalui pendekatan bioteknologi khususnya teknik kultur antera.

Beberapa GMJ yang baik kini telah tersedia. Uji daya hasil beberapa kombinasi hibrida turunan GMJ tersebut menunjukkan peningkatan hasil secara positif pada hibrida maupun varietas pembandingan inbrida terbaik. Salah satu hibrida terbaik adalah GMJ5/BH21D dengan nilai heterosis 63%.

Pengembangan GMJ belum secara langsung berdampak nyata terhadap peningkatan produksi padi nasional. Namun, GMJ yang baik akan menghasilkan teknologi padi hibrida yang baik pula, yang pada gilirannya akan memantapkan pemenuhan kebutuhan pangan dalam negeri.

Tabel 5. Galur padi yang dikonversi menjadi galur mandul jantan (GMJ) dan karakteristik pentingnya.

Galur	Sumber GMJ	Karakteristik	Silang balik
S5097	IR58025A	Tahan HDB, virus tungro, WBC	BC ₅
S3393	IR58025A	Tahan HDB, virus tungro, WBC	BC ₅
B10385	IR58025A	Tipe tanaman ideal	BC ₅
B7830	IR62829A	Tahan HDB, virus tungro, WBC	BC ₄
S3385	IR62829A	Tahan WBC, grain quality	BC ₄
BP302	IR58025A	Tipe tanaman ideal	BC ₃
BP143	IR68897A	Tahan WBC, HDB	BC ₃
B7809	IR66707A	Tahan HDB, keracunan besi	BC ₃
BP303	IR66707A	Tahan HDB	BC ₃
B10384	IR58025A	Tahan WBC	BC ₂
B7830	IR68897A	Tahan WBC	BC ₂
BP68	IR58025A	Tahan WBC, HDB	BC ₂
B9071	IR68897A	Tahan HDB	BC ₂
B10177	IR58025A	Tahan WBC, HDB	BC ₂

HDB = hawar daun bakteri, WBC = wereng batang coklat.

Sumber: Suwarno *et al.* (2003).

Tabel 6. Sifat penting beberapa galur mandul jantan (GMJ) baru padi hasil perbaikan tahun 2007–2011.

Galur	Sumber sitoplasma	Sifat penting	GMJ/BC
B9071F	IR68897A	Tahan HDB	GMJ2
B8703F	IR72079A	Tahan WBC	GMJ3
BP455G-PN-13-2-1-1-10-Mr-3-1	IR62829A	Tahan WBC	GMJ4
B11005E-Mr-4-2-1	IR58025A	Tahan WBC	GMJ5
Code	IR58025B	Tahan HDB	GMJ6
IRBB21	IR58025B	Tahan HDB	GMJ7
Barumun	IR66707A	Tahan WBC	GMJ8
A2790	IR66707A	Aromatik	GMJ9
IR71605-2-1-5-Tjs-5	IR68886A	Tahan tungro	BC1567
BP68c-Mr-19-1-3-4	IR62829A	Bentuk tanaman/tipikal PTB	BC1561
IRBB5	IR69622A	Tahan HDB	BC1613

WBC = wereng batang coklat, HDB = hawar daun bakteri, PTB = padi tipe baru.

Sumber: Rumanti *et al.* (2007); Nugraha *et al.* (2011); Satoto dan Rumanti (2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Brar, D.S., T. Fujimura, S. McCouch, and F.J. Zapata. 1994. Application of biotechnology in hybrid rice. p. 53. In S.S. Virmani (Ed.). Hybrid Rice Technology, New Development and Future Prospects. Selected Papers from the IRRI.
- Daradjat, A.A., Suwarno, B. Abdulah, T.J. Suwito, dan Z.A. Simanulang. 2001. Status penelitian pemuliaan padi untuk memenuhi kebutuhan pangan masa depan. Makalah pada Apresiasi Penelitian Padi di Sukamandi, 26 Juli 2001. Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Guohui, M. and Y. Longping. 2003. Hybrid rice achievements and development in China. pp. 247–256. In S.S. Virmani, C.X. Mao, and B. Hardy (Eds.). Hybrid Rice for Food Security, Poverty Alleviation, and Environmental Protection. IRRI, Los Banos.
- IRRI-CAAS. 1981. Approaches to breed “three lines” of rice and their hybrids. In The Second Hybrid Rice Training Program, Changsha, Hunan, September 14 – October 7, 1981. 18 pp.
- Julfiquar, A.W., M. Jamil Hasan, A.K. Azad, M.A. Hosain, and S.S. Virmani. 2003. Hybrid rice research and development in Bangladesh. pp. 235–245. In S.S. Virmani, C.X. Mao, and B. Hardy (Eds.). Hybrid Rice for Food Security, Poverty Alleviation, and Environmental Protection. International Rice Research Institute, Los Banos.
- Munarso, Y.P., B. Sutaryo, dan B. Suprihatno. 1990. Silang uji (*test cross*) dan silang balik (*back cross*) dalam upaya identifikasi galur pelestari dan pemulih kesuburan serta pembuatan galur mandul jantan baru. Kompilasi Hasil Penelitian 1988/1989: 23–29. Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukamandi.
- Munarso, Y.P., B. Sutaryo, dan Suwarno. 2000. Perbaikan galur mandul jantan (CMS). Laporan Kemajuan Penelitian Padi Hibrida Sukamandi 1999/2000: 1–5. Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Munarso, Y.P., B. Sutaryo, dan Suwarno. 2001a. Kemandulan tepung sari dan kehampaan gabah beberapa galur mandul jantan padi introduksi dari IRRI. Zuriat 12(1): 6–14.
- Munarso, Y.P., E. Lubis, dan Suwarno. 2001b. Perbaikan galur mandul jantan padi (*cytoplasmic male sterile* = CMS). Laporan Kemajuan Padi Hibrida Sukamandi 2000/2001: 1–6. Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Munarso, Y.P., I.A. Rumanti, dan Suwarno. 2001c. Pembentukan galur mandul jantan (*cytoplasmic male sterile*) di Sukamandi. Laporan Kemajuan Padi Hibrida 2001: 1–7. Balai Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Munarso, Y.P., B. Sutaryo, dan Suwarno. 2002. Uji sejumlah tanaman F₁ untuk pembentukan galur mandul jantan. hlm. 248–252. Dalam P. Yudono, S. Purwanti, A. Purwantoro, E. Kusuma, P. Basunanda, R.H. Murti, dan M.I. Harpanti (Ed.). Prosiding Seminar Nasional Perbenihan. Forum Benih Yogyakarta, 18 Juni 2002. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada bekerja sama dengan Dinas Pertanian Provinsi DI Yogyakarta.
- Munarso, Y.P., I.S. Dewi, dan Suwarno. 2008. Regenerasi tanaman dengan kultur anter beberapa persilangan padi hibrida. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 27(1): 13–17.
- Nugraha, Y., Y.P. Munarso, dan Satoto. 2011. Pembentukan galur mandul jantan baru padi hibrida tahan penyakit hawar daun bakteri dan hama wereng batang coklat. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 30(1): 9–16.
- Rao, Y.Y. and N.W. Nuswantoro. 2001. Hybrid rice seed production guideline. pp. 45–72. In Y.Y. Rao (Ed.), Strengthening the Development and Use of Hybrid Rice in Indonesia. Research Institute for Rice, Sukamandi.
- Rumanti, I.A., Satoto, dan Y.P. Munarso. 2007. Penampilan fenotipik dan tingkat kemandulan tepung sari calon galur mandul jantan tipe *wild abortive*. Bul. Agron. 35(3): 154–160.
- Rumanti, I.A., I.S. Dewi, B.S. Purwoko, dan H. Aswidinnoor. 2009. Evaluasi galur haploid ganda pelestari hasil kultur antera untuk perakitan galur mandul jantan pada padi. J. Agron. Indonesia 37(1): 1–7.
- Satoto, M. Direja, Y. Widyastuti, dan I.A. Rumanti. 2010. Keragaan hasil padi hibrida turunan galur mandul jantan baru hasil seleksi BB Padi. hlm. 181–193. Dalam B. Suprihatno, A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baehaki, dan Sudir (Buku 1). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi 2009. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Satoto dan I.A. Rumanti. 2011. Peranan galur mandul jantan dalam perakitan dan pengembangan padi hibrida. Iptek Tanaman Pangan 6(1): 14–29.
- Suprihatno, B., B. Sutaryo, dan Y.P. Munarso. 1986. Identifikasi galur-galur pelestari (*maintainer*) dan pemulih kesuburan (*restorer*) dan usaha pembuatan galur mandul jantan baru. Media Penelitian Sukamandi 2: 1–5.
- Suprihatno, B. dan B. Sutaryo. 1993. Prospek dan permasalahan padi hibrida di Indonesia. Makalah disampaikan pada Rapat

- Teknis Direktorat Bina Produksi Padi dan Palawija, Samarinda, 29 November–2 Desember 1993. 20 hlm.
- Sutaryo, B., Y.P. Munarso, Sudibyo, dan B. Suprihatno. 1992. Pembentukan galur mandul jantan, pelestari dan pemulih kesuburan. *Media Penelitian Sukamandi* 11: 36–41.
- Suwarno, Adiyono, L. Erwina, B. Sutaryo, dan Y.P. Munarso. 1999. Peningkatan potensi hasil padi sawah melalui penggunaan padi hibrida. *Laporan Kemajuan Padi Hibrida*. hlm. 1–9.
- Suwarno. 2003. Pemuliaan dan pengembangan varietas padi hibrida di Indonesia. Makalah pada Seminar Nasional Padi Hibrida, 9 Oktober 2004. Himpunan Mahasiswa Agronomi, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. 19 hlm.
- Suwarno, N.W. Nuswantoro, Y.P. Munarso, and M. Direja. 2003. Hybrid rice research and development in Indonesia. pp. 396–404. *In* S.S. Virmani, C.X. Mao, and B. Hardy (Eds.) *Hybrid Rice for Food Security, Poverty Alleviation, and Environmental Protection*. International Rice Research Institute, Los Banos.
- Virmani, S.S. and I.B. Edwards. 1983. Current status and future prospect for breeding hybrid rice and wheat. *Adv. Agron.* Vol. 36: 145–214.
- Virmani, S.S. 1985. Breeding cytoplasmic male sterile and maintainer lines. 16th GEU Training Program, Manila, Philippines, 4–24 May 1985. 6 pp.